

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-164109

⑪ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和61年(1986)7月24日

G 01 C 19/56
G 01 P 8/026723-2F
7027-2F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全8頁)

⑭ 発明の名称 振動式角速度計

⑮ 特 願 昭60-5592

⑯ 出 願 昭60(1985)1月16日

⑰ 発 明 者	植 田 敏 嗣	武蔵野市中町2丁目9番32号	横河北辰電機株式会社内
⑰ 発 明 者	幸 坂 扶 佐 夫	武蔵野市中町2丁目9番32号	横河北辰電機株式会社内
⑰ 発 明 者	東 野 博 文	武蔵野市中町2丁目9番32号	横河北辰電機株式会社内
⑱ 出 願 人	横河北辰電機株式会社	武蔵野市中町2丁目9番32号	
⑲ 代 理 人	弁理士 小沢 信助		

明 細 書

1. 発明の名称

振動式角速度計

2. 特許請求の範囲

(1) 首振り運動する質量部材及び該質量部材を弾性的に支持する支持部を備えた振動子と、該振動子の前記支持部を固定する筐体と、前記振動子の前記質量部材を首振り運動をさせるための励振手段と、前記首振り運動にかかる振動数を検出する振動数検出手段と、前記振動子を首振り運動させる自動振動回路と、前記振動子の振動数の変化に応じて前記振動子に加わる角速度の大きさと方向を計算する演算部とよりなる振動式角速度計。

(2) 首振り運動する質量部材及び該質量部材を弾性的に支持する支持部を備えた複数の振動子と、該振動子の前記支持部を固定する筐体と、前記振動子の少なくとも一方を首振り運動させ、他方の振動子を反対方向に首振り運動させるか、又は直線状の自げ振動をさせる励振手段と、前記振動子を首振り運動させる自動振動回路と、前記振動子の振

動数の差をとることにより前記振動子に加わる角速度の大きさと方向を計算する演算部とよりなる振動式角速度計。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は航空機等の移動体の姿勢制御信号を得るのに用いられる振動式角速度計に関する。

(従来例)

コリオリ力を利用した振動式角速度計は、 Q が高くとれて駆動エネルギーを小さく出来ること、及び検出感度を高く出来ること等から、音叉型にする場合が多い。

第8図は例えば特公昭35-3692号等で公知の音叉型振動式角速度計の構造を示す。 $1a$ 、 $1b$ は角速度 Ω の入力軸 Z に對向した一対のフォークであり、 $2a$ 、 $2b$ はこれらフォークに接触された圧電素子で、外部の交流駆動電源より励振され、フォーク $1a$ 、 $1b$ を軸 Z に對し接近又は離反する ϕ で示す振動、即ち面内振動を与える。

この振動の周波数はフォーク $1a$ 、 $1b$ の固有振動

数に一致させて共振させ、小さい駆動エネルギーで大きな振動を発生させる。

軸を角速度入力 ω が与えられると、A、B又はA'、B'で示すごとく ω の方向とは直角方向に、駆動周波数と等しく、振動が D に比例したコリオリ力即ちねじりトルクが発生する。3はこのねじりトルクを検出するシャフトであり、一端が音叉の底部に対し振動の検取材4を介して結合しており、他端がベース部材5に固定されている。3はトルク伝達レバーで、ベース部材に設けた柱5₁に接合されている圧電素子6に振動するねじりトルクを与え、電気信号に変換して外部に取出す。

ここでシャフト3、ベース部材5を含む部分のねじりの一次モードの固有振動数は、音叉の上記面内振動の一次モードの固有振動数に等しく選定され、共振により微弱なコリオリ力の振動を増幅して取出す構成となっている。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながらこのように、駆動部分の固有振動数と検出部分の固有振動数を等しくした場合に、

(3)

周と、前記振動子の振動数の変化に応じて前記振動子に加わる角速度の大きさと方向を計算する演算部とよりなるものである。

このような目的を達成する第二の発明は、首振り運動する質量部材及び該質量部材を弾性的に支持する支持部を備えた複数の振動子と、該振動子の前記支持部を固定する筐体と、前記振動子の少なくとも一方を首振り運動させ、他方の振動子を反対方向に首振り運動させるか、又は直線状の曲げ振動をさせる励振手段と、前記振動子を首振り運動させる自動振回路と、前記振動子の振動数の差をとることにより前記振動子に加わる角速度の大きさと方向を計算する演算部とよりなるものである。

(実施例)

以下図面により第1の発明を説明する。

第1図は本発明の一実施例を示す要部構成斜視図で、(a)は振動子単体、(b)は演算部を除く全体図で一部を切断して示してある。

振動子20は、首振り運動する質量部材21と、質

量部材の振動が検出部に影響を与え、微弱なコリオリ力によるトルクを検出することが困難となるので、ねじりトルクのみを伝達し、駆動側の振動エネルギーを吸収する吸収材4が必須となり、全体の構造が複雑となる。

また圧電素子により微弱なコリオリ力を検出するので零点の安定性、感度の変動等の問題点があった。

本発明は上記従来技術の問題点に鑑みて成されたもので、固有振動数の変化により角速度を検出することに関する新規な構成により、小型かつ高精度の角速度計を実現することを目的とする。

(問題点を解決する手段)

このような目的を達成する第一の発明は首振り運動する質量部材及び該質量部材を弾性的に支持する支持部を備えた振動子と、該振動子の前記支持部を固定する筐体と、前記振動子の前記質量部材を首振り運動をさせるための励振手段と、前記首振り運動にかかる振動数を検出する振動数検出手段と、前記振動子を首振り運動させる自動振回

(4)

路部材21を支持する支持部22とにより構成され、振動子20を固定する筐体23を備えている。振動子20を構成する材料として、振動子の曲げ固有振動数の温度依存性を低減させるために、恒弾性材料が使用されている。質量部材21は円筒形であり、支持部22は断面円形の棒状であって、これらは片持ちばりを構成している。片持ちばりの第1次の曲げ固有振動数 ω_0 は、

$$\omega_0 = \left(\frac{1.8751}{L} \right) \sqrt{\frac{EIg}{YA}} \quad (1)$$

で与えられる。ここに、 L は支持部22の長さ、 I ははりの断面二次モーメント、 A ははりの断面積、 g は重力加速度、 γ ははり材料の単位体積当り重量、 E ははり材料の縦弾性係数である。質量部材21は振動子20の曲げ固有振動数 ω_0 を低下させる。曲げ固有振動数 ω_0 が低いと振動子20の首振り運動の振動数が低くなり、角速度に起因する首振り運動の振動数変化を検出するうえで有利である。

この振動子の曲げ固有振動のモードは、低い振動数で固有振動をする線分B-B'方向と、高い振動

(5)

(6)

数で固有振動をする軸分C-C'方向の3つの独立なモードがある。しかし、振動式角速度計ではこの3つのモードの固有振動数を一致するように調整して用いている。

電極支持体31は、中央に貫通穴が設けてあり、この貫通穴内に質量部材21の空間を隔てて配置されるようになっている。電極支持体31はガラス、セラミックスなどの絶縁材で通常構成され、電極34a, 34b, 35a, 35bがスパッタ、メッキ等により形成されている。スペーサ32は筐体23と電極支持体31の間に介在し、電極支持体の貫通穴の質量部材21と対向する対向面33の位置を調整する。電極支持体31には4個の電極が形成されているが、第1図(b)では検出電極35bを除いて表わしている。電極は駆動電極34a, 34b 2個と検出電極35a, 35b 2個がこの順序で形成され、振動子20の3つの固有モードを検出できるように構成されている。4つの電極の形状は、質量部材21と対向する対向面33と、図示しない励振回路及び検出回路と接続するための外円筒面36に設けた端子を接続するよう

になっている。この端子は、たとえばハーメタ、ク端子を含んで構成されている。

第2図は、励振手段と振動数検出手段の構成を示すブロック図である。振動数検出手段と励振手段と振動子とで、自動振回路を構成している。

検出電極35a, 35bと質量部材21とは静電容量を構成している。そこで容量検出回路38により、質量21の振動を容量変化として取り出す。この容量検出回路38は、たとえばブリッジ回路を含んで構成されている。フィルタ37は、容量検出回路38からの信号から振動子20の第1次の曲げ固有振動数に相当する振動数のみを抽出している。位相器38は質量21の振動と駆動電極34aに供給する自動利得制御増幅回路(以下AGC回路と称する)39との位相差を定める。この位相差は、曲線の形状と角速度に対する回動振動数変化の感度を定める。

AGC回路39は基準電圧供給装置42で定められた一定の電圧 E_0 で発振する。AGC回路39の交流電圧は整流器40を通り直流電圧 E_v に変換され、積分器41で基準電圧 E_0 との比較をして、直流電圧 E_v が小

(7)

さければAGC回路39の発振は大きくなり、直流電圧 E_v が大きくなればAGC回路39の発振は小さくなって、結局AGC回路39の発振の振幅は一定に保つことができる。

AGC回路39の交流電圧は、直流電圧44からの直流電圧 E_b と重畳されて駆動電極34aに供給される。直流電圧 E_b は、たとえば交流電圧と重畳させたときに正の電圧領域でのみ変化するように定められている。他方の駆動電極34bには、移相器43で概ね90度位相を偏移させて、直流電圧44の直流電圧を加えた交流電圧が供給されている。90度の位相偏移が起きているか起れていないかによって、振動子20の首振り運動が時計回り(以下CWという)となるか、反時計回り(以下CCWという)となるかを定める。

一方AGC回路39の交流電圧は、振動子20に加わる角速度 Ω の大きさと方向を計算する演算部を構成する位相差検出回路46にも送られる。振動子20の角速度 Ω が零の場合の首振り運動の振動数に対応する振動数 ω_0 で、角速度 Ω によらず一定の振動

(8)

数を生ずる基準振動子やシンセサイザなどの基準振動数発生手段45の信号と、AGC回路39の信号との位相差を位相差検出回路46は検出する。この位相出力は 360° ごとに不連続が生じ、また振動子の感度は以下に詳述する遅延感度1とはならないので、これらの補正をして回転角 θ や角速度 Ω を表示する計算機47を設けてある。

このように構成された装置の動作原理を次に説明する。第3図は、振動子20を単純化したモデル図である。振動子26はいずれの方向の曲げ固有振動数も同一になるように調整されているので、第3図に示すようにばね定数 k 、質量 M 、回動振動数は振動子20の曲げ固有振動数 ω_0 と同一の振動数で運動している系で記述できる。ここで回動の形状が円運動であるとすれば、質量 M は中心を点 O とする半径 r の円軌道を動く。このとき、遠心力とばね k による求心力とは釣り合うので、

$$M\omega_0^2 r = kr \quad (9)$$

が成立する。ここに回轉の角振動数 ω_0 は振動子の曲げ固有振動数と一致して、

(9)

-47-

(10)

$$\omega_0 = \sqrt{k/M} \quad (3)$$

で与えられる。

次に第3図で示した系に、点Oを通る質量Mの円軌道と直交するZ軸まわりに角速度Dが作用している場合を考える。角速度Dで回転する系で振動する質量Mの角速度 ω と、質量Mの移動速度vと、求心力との釣り合いをとると、

$$rk = Mr\omega^2 + MrD^2 + 2MvD \quad (4)$$

が成り立つ。ここで、

$$v = r\omega$$

に注意して、式(4)と式(4)を比較すると、

$$Mr\omega_0^2 = Mr(\omega + D)^2 \quad (5)$$

又は、

$$D = \omega_0 - \omega \quad (6)$$

をえる。

従って、 ω_0 と同一の振動数を基準として回転振動数 ω との偏差を観測すれば、振動子20に作用する角速度Dが判明する。ここでの回転は、振動子20の首振り運動に対応するものである。

また積分ジャイロとしての動作は、式(6)を時間

(11)

質量Mの回転軌道が完全な円形でなく、また振動子の3つの曲げ固有モードの固有振動数が完全に一致してはいないためである。

第5図は、本発明の他の実施例を示す構成斜視図で、ここでは振動子単体を示してある。

質量部材21は、一直線上に配置された支持部22a, 22bを介して筐体23に固定されている。質量部材21は径の大きい円筒型で、支持部22a, 22bは径の小さな円柱型で構成されており、両者の中心線は一致している。筐体23は支持部22a, 22bを固定する固定部23a, 23bと、固定部23a, 23bを支持する筐体23c, 23dとを備えている。筐体23c, 23dは支持部22a, 22bの断面径よりも十分大きく構成されているので剛性も大きい。

このように構成された装置の動作を次に説明する。第1図(a)に示す振動子では、振動子20の姿勢により支持部22a, 22bに作用する質量部材21の重さが変化する。支持部22a, 22bの軸力が変化し振動子の曲げ固有振動数が変化する欠点があった。(この原因による固有振動数の変化は、たとえば1ppm以下で

(13)

について積分することで容易に得られる。すなわち振動子20の回転角を θ とすれば、

$$\begin{aligned} \theta &= \int \dot{\theta} dt \\ &= \int (\omega_0 - \omega) dt \end{aligned} \quad (7)$$

となる。すなわち、位相差検出回路46に基準振動数発生手段45の基準振動数 ω_0 と回転振動数 ω とを入れて偏差を検出すると、角速度Dが零なるときに位相差検出回路46の指示値は一定で変化しないが、角速度Dが作用するときは指示値が変化して回転角 θ に対応する分だけ位相が変化する。

第4図は、上記実施例で説明した振動式角速度計で角速度を測定した測定例である。縦軸は位相差検出回路46で表示された位相差(単位は度)であり、横軸は時間軸である。振動子20の首振り振動の振動数は348.881 [Hz]なので、基準振動数 ω_0 も348.881 [Hz]になっている。振動子20の回転角 θ は 30 ± 3 度毎に加えられ、その角速度は5 [度/秒]である。そのとき位相差出力は、回転角 θ の0.98倍になっている。

感度が式(6)に示すように1.00倍にならないのは、

(12)

あるが、振動式角速度計では、固有振動数約350 [Hz]に対し検出すべき角速度の下限は0.01 [度/秒]なので、振動数は0.08 ppmの安定性が要求とされる。))

第5図に係る振動子では、質量21を2個の支持部22a, 22bを用いて支持している。振動子の姿勢により支持部22a, 22bに作用する軸力が変化するのではなく、振動子の曲げ固有振動数は変化しない。

また支持部22a, 22bを細い線状にして、張力を加えたまま質量部材21を支持するように構成してもよい。支持部22a, 22bに作用する張力が振動子の姿勢によらず一定とすることができることは、第5図の振動子と変わるところがない。

尚第1の発明は上記実施例に限定するものではなく、首振り運動の軌道の形状は円形の場合を示したが楕円形でもよい。また振動子の3つの曲げ固有振動数は完全に一致したものを示したが、該振動子の曲げ固有振動数 ω の $1/Q$ (Qは振動系の共振の鋭さを表す量)を $\Delta\omega$ として、3つの曲げ固有

(14)

有振動数の差が40の数倍以内でもよい。振動子の3つの曲げ固有振動数は完全に一致しなくても、振動子は充分な振幅で首振り運動するからである。

また励振手段も実施例では静電駆動としたが、振動子に磁性体を用いて電磁駆動をしてもよく、また圧電性物質を振動子に付着させて振動子を励振してもよい。

また周波数検出手段として実施例では静電容量の変化により振動子の振動を検出したが、振動子に磁性体を用いてインダクタンスを用いてもよく、また他の変位検出手段を採用してもよい。また、振動子の支持部に生じる応力を検出して、振動子の回転を検出してもよい。

また演算部では、回転振動数の変化を検出するために角速度零の場合と同一の基準振動数を利用しているが、高い安定度で高い周波数の基準クロックを用いて回転振動数の変化を検出してもよい。

第6図、第7図は、第2の発明の実施例を示す構成斜視図で、ここでは振動子単体を示してある。

第6図では、筐体23に第1図(a)に係る振動子が

(15)

(発明の効果)

以上述べたように第1の発明では、次の特徴がある。まず筐体と支持部と質量とを一体構造とできるので振動子の構造は単純化される。また出力が振動数なので、デジタル処理が容易であり、電子計算機との結合が容易である。

第2の発明では、姿勢傾斜や温度変化に起因する曲げ固有振動数の変化を有効に除去できるので、精度の高い振動式角速度計が実現できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は第一の発明の一実施例を示す要部構成斜視図で、(a)は振動子単体、(b)は演算部を除く全体図、第2図は励振手段と振動数検出手段の構成を示すブロック図、第3図は動作原理を説明するモデル図、第4図は角速度測定例、第5図は第一の発明の他の実施例、第6図、第7図は第二の発明の実施例を示す構成斜視図、第8図は従来装置の構成図である。

20…振動子、21…質量、22…支持部、23…筐体、24…電極支持部、24a、24b…駆動電極、25a…検

(17)

直線Z上に2個設けられて構成されている。一方の質量部材21aはCWに回転し、他方の質量部材21bはCCWに回転している。

第7図では、筐体23に第1図(a)に係る振動子が平行な直線Z₁、Z₂を中心として2個設けてあり、一方の質量部材21aはCWに回転し、他方の質量部材21bはCCWに回転している。

このように構成された装置の動作原理を次に説明する。角速度ΩをCWとすると式(a)は、一方が

$$\Omega_{CW} = \omega_{CW} - \omega_{CW} \quad (a)$$

で表わされ、他方の振動子は、

$$\Omega_{CW} = -(\omega_{CCW} - \omega_{CCW}) \quad (b)$$

で表わされる。従って、これらを差動的に使用すれば振動子の角速度Ωに対する回転振動数の変化、すなわち感度は2倍になるとともに、姿勢傾斜や温度変化に起因する曲げ固有振動数 ω_0 の変化は有効に消去される。

尚、第6図、第7図にかかる振動子の一方を直線状の曲げ振動をさせて基準振動数 ω_0 を得るとともに、他方の振動子に回転運動させて角速度Ωを検出するように構成してもよい。

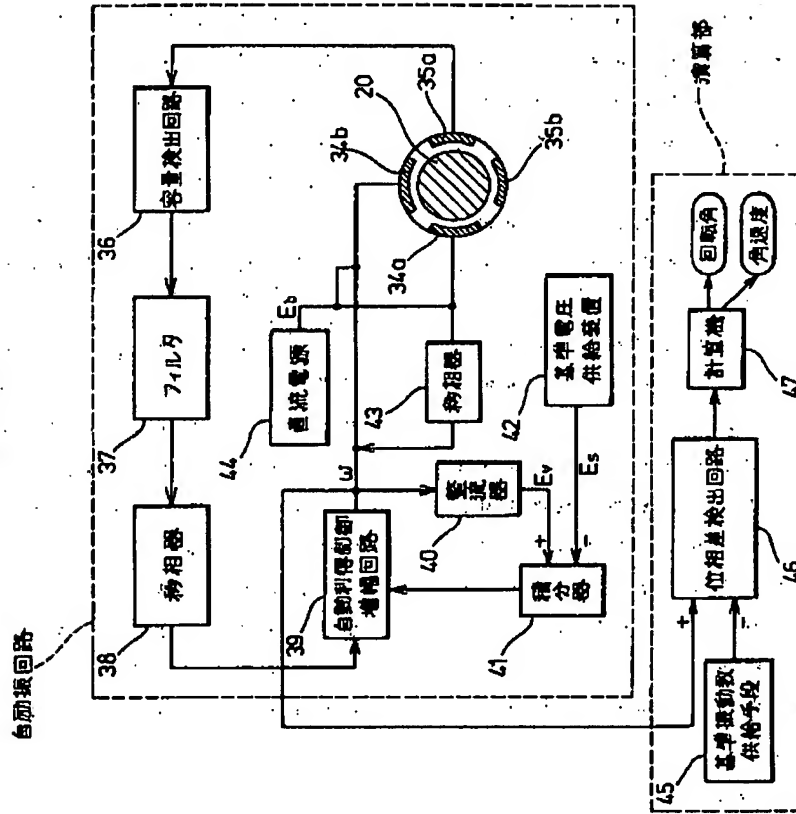
(16)

出電極、36…容量検出回路、45…基準振動数、46…位相差検出回路。

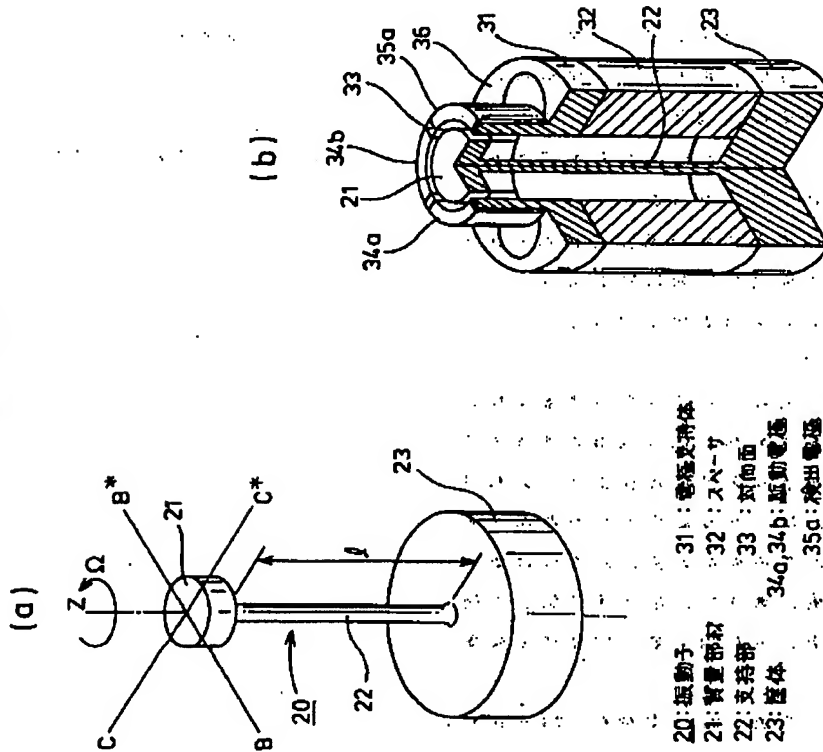
代理人 弁理士 小沢 信



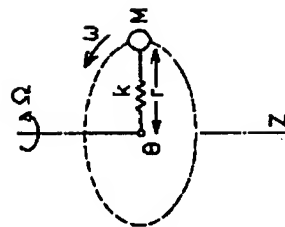
图 2



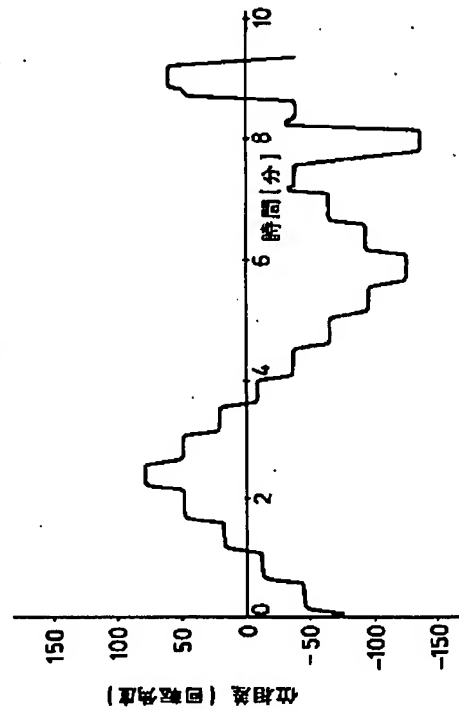
圖一



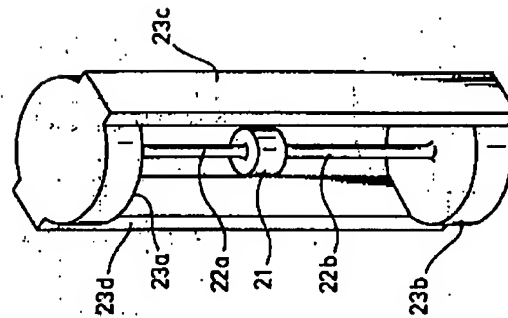
第3図



第4図

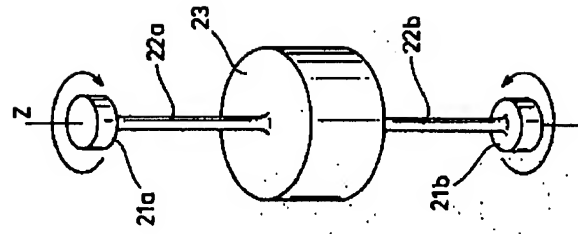


第5図

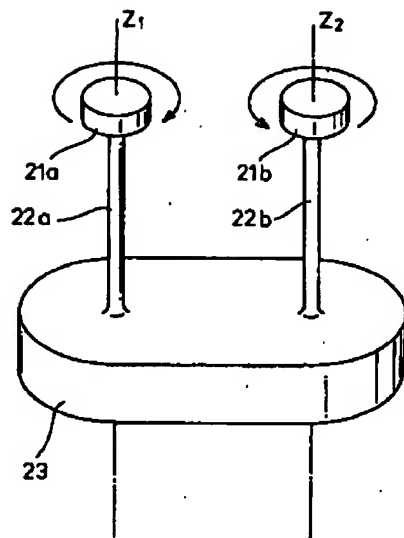


21: 質量部
22a: 支持部
22b: 支持部
23: 筒体
23a, 23b: 固定部
23c, 23d: 筒体

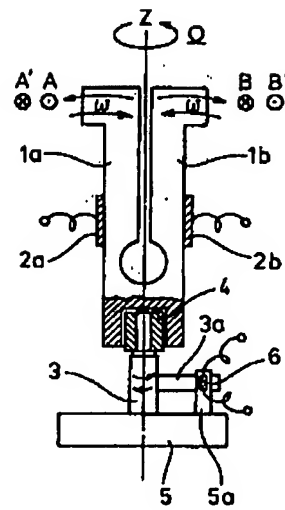
第6図



第 7 図



第 8 図



PAT-NO: JP361164109A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 61164109 A

TITLE: VIBRATION TYPE ANGULAR VELOCITY METER

PUBN-DATE: July 24, 1986

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
UEDA, TOSHITSUGU
KOSAKA, FUSAO
TONO, HIROBUMI

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME
YOKOGAWA ELECTRIC CORP
COUNTRY
N/A

APPL-NO: JP60005592

APPL-DATE: January 16, 1985

INT-CL (IPC): G01C019/56, G01P009/02

US-CL-CURRENT: 73/504.15

ABSTRACT:

PURPOSE: To highly accurately measure angular velocities with a small-sized constitution, by detecting the angular velocities through the change in characteristic-frequency.

CONSTITUTION: The intrinsic mode of a vibrator 20 is detected by means of driving electrodes 34a and 34b and detecting electrodes 35a and 35b and the electrodes 35a and 35b and a mass member constitute an electrostatic capacity. A filter 37 extracts the characteristic-frequency of the vibrator 20. When a phase meter 38 determines the phase difference between the vibration of the mass and the output of an AGC circuit 39, the AGC circuit 39 transmits a constant voltage Es. The AC voltage Es of the AGC circuit 39 is supplied to the electrode 34a and the DC voltage of a DC power source 44 is supplied to the electrode 34b. The AC voltage of the AGC circuit 39 is also sent to a phase difference detecting circuit 46 constituting an arithmetic section which calculates the magnitude and direction of angular velocities applied to the vibrator 20. The circuit 46 detects the phase difference between the signal of a reference frequency supplying means 45 and signal of the AGC circuit 39. Then a computer 47 corrects the values, and thus, rotational angles and angular velocities are obtained.

